doi:10.13866/j.azr.2019.01.21

青海湖流域湿地小气候特征[①]

高黎明[1,2]， 张乐乐[1,2]， 陈克龙[2,3]
(1. 青海师范大学地理科学学院,青海 西宁 810008;
2. 青海省自然地理与环境过程重点实验室,青海 西宁 810008; 3. 青海师范大学,青海 西宁 810008)

摘　要: 利用青海湖流域小泊湖湿地和瓦颜山湿地的气象观测资料,分析了湿地小气候特征。结果表明:青海湖流域是太阳辐射较强的区域,反射辐射最大值出现在4月,总辐射、大气长波辐射、地面长波辐射、净辐射和土壤热通量均表现为夏季高、冬季低。瓦颜山湿地年平均地表反照率为0.26,夏季平均地表反照率为0.2,低于隆宝湿地、西大滩和五道梁。瓦颜山和小泊湖站比湿最大值出现在夏季,最小值出现在冬季,降水主要集中在5—9月,占全年降水量的90%以上。2站气温和5 cm地温最高值出现在8月,最低值出现在1月,受湖陆热力性质差异的影响,小泊湖站全年白天盛行西风和偏西风,夜晚盛行东风;瓦颜山站则受地形影响,全年盛行西南风。

关键词: 高寒湿地; 辐射通量; 地表反照率; 温度; 比湿; 青海湖流域

所谓小气候,是指由于下垫面结构和性质不同,造成热量和水分收支差异,形成了近地气层和土壤上层局部地区的特殊气候[1]。小气候具有“范围较小、差别大、稳定性强”的特点,小气候是影响生物生长发育最重要的环境因子,不同的下垫面和不同的植物群落形成不同的小气候环境[2-3]。目前,国内外学者针对农田、湿地、森林、湖泊、高原、干旱区等不同下垫面的小气候进行了大量的研究[4-7]。通过对这些小气候变化规律及效应等的研究,为揭示不同环境下地表能量平衡过程的变化规律和机理研究奠定了重要基础。

青海湖流域位于青藏高原的东北部,是我国西北干旱区、西南高寒区和东部季风区的交汇区,青海湖是青藏高原生态的重要水体,并对整个青海西部沙漠化起到屏障保护作用,是维系青藏高原东北部生态安全的重要屏障[8]。由于其重要的生态地位,流域气候变化特征及其水文效应一直是国内学者关注的重点[9-10]。小气候是研究湿地生态环境的重要内容之一,研究原生态湿地小气候,对揭示湿地的生态功能、评价湿地的环境效应以及合理利用湿地有着重要意义[11]。然而,由于缺少数据,对青海湖流域湿地小气候方面的研究至今未见报道。

基于以上背景,本文选取了在青海湖流域高寒湿地生态系统布设的瓦颜山和小泊湖气象站观测的数据,对两种湿地局地气候特征进行了分析,希望能更加全面地了解该区域各种气候特征分量,从而为开展气候资源评价和生态系统研究提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于青海湖流域,在流域内高寒湿地生态系统布设有2个综合观测站——小泊湖和瓦颜山观测站(图1)。瓦颜山站(37.74°N,100.09°E)位

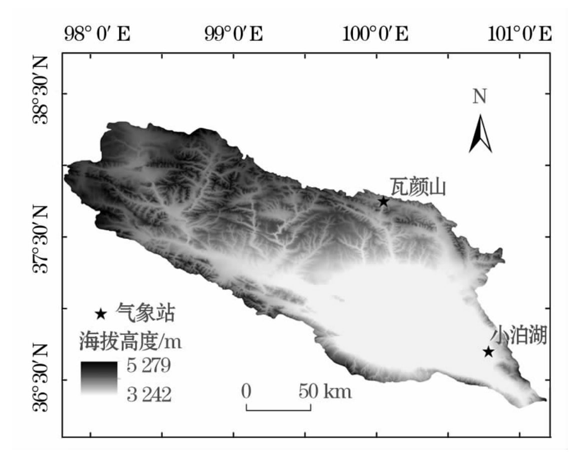


图1 小泊湖和瓦颜山气象站地理位置示意图

Fig. 1 Geographical locations of the Xiaobohu and Wayanshan weather stations

① 收稿日期: 2018-04-03; 修订日期: 2018-07-29
基金项目: 青海省自然科学基金项目(2017-ZJ-951Q); 国家自然科学基金项目(41705139,41661023,41360005)资助
作者简介: 高黎明(1986-),女,博士,讲师,主要从事生态水文过程研究. E-mail: gaogaotahj@163.com
通讯作者: 张乐乐. E-mail: zhang1986lele@163.com

于青海湖北部,是沙柳河上游支流的河源湿地。观测场周围地势开阔,海拔 3 780 m,植被类型以小嵩草为主。小泊湖站(36.70°N, 100.78°E)位于青海湖东岸,距共和县湖东种羊场西北约 6 km,观测站周围地形开阔,平均海拔约 3 212 m,是青海湖水位下降遗留下来的沼泽草甸湿地。

观测场内都布设有 Dynamet 科研级自动气象观测站,观测项目包括气温、风速风向、相对湿度、降水量、太阳辐射、浅层土壤温湿度、土壤热通量等。此外,瓦颜山观测场内还布设有荷兰 Hukseflux 公司生产的 NR01 型辐射表和美国 Decagon 公司生产的 Em50 土壤温湿度采集器,辐射表安装高度约为 1.5 m,观测项目为总辐射(DR)、反射辐射(UR)、大气长波辐射(DLR)、地面长波辐射(ULR)。净辐射 R_n 和地表反照率 α 可通过以下公式求得:

$$R_n = (DR + DLR) - (UR + ULR) \quad (1)$$

$$\alpha = UR/DR \quad (2)$$

Em50 观测深度为 5 cm、10 cm、20 cm、40 cm、50 cm、60 cm、70 cm、110 cm 和 120 cm。数据采集器为美国 Compbell 公司生产的 CR1000 型数采仪,采样间隔为 30 min。本研究选取了瓦颜山观测站 2016 年和小泊湖观测站 2013 年全年的观测数据,本文所用时间均为北京时间。

2 结果分析

2.1 辐射通量

总辐射是控制气候形成的基本能量,是地表最基本、最重要的能量来源,是植物光合作用、蒸腾作用和土壤蒸发等陆面过程的主要驱动因子[12-13]。研究期瓦颜山站总辐射全年累积量为 6 938.3 MJ · m^{-2},小泊湖站为 6 711.6 MJ · m^{-2},2 个站点年总辐射均高于玉树隆宝湿地(6 488 MJ · m^{-2})[14]、青藏高原东部玛曲地区(6 482 MJ · m^{-2})[15]和唐古拉山地区(6 495 MJ · m^{-2})[1],说明青海湖流域是青藏高原太阳辐射较强的区域。从总辐射月累积量分布特征来看(图 2),2 个站点总辐射月累积量变化形态均为双峰形,这与青海省大部分站点的总辐射月值变化特征具有一致性[16]。2 个站点总辐射最大值都出现在 6 月,最小值都出现在 12 月。

在瓦颜山站,除了太阳总辐射之外,观测项目还包括反射辐射、大气长波辐射、地面长波辐射,表 1 给出了2016年瓦颜山站辐射通量的月均值。从表

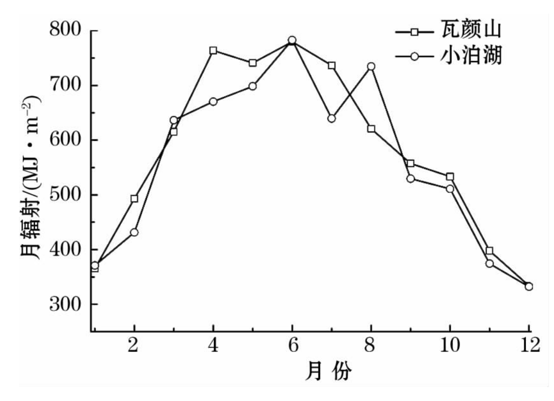


图 2 瓦颜山和小泊湖月太阳总辐射变化

Fig. 2 Variation of monthly global solar radiation at Wanyanshan and Xiaobohu weather stations

中可以看出,除反射辐射外,其他辐射通量均表现为夏季高、冬季低的趋势,这与青藏高原唐古拉地区具有一致性[1]。反射辐射主要受下垫面状况的影响,瓦颜山站月均最大值出现在 4 月,约为 98.2 W · m^{-2},这与瓦颜山站 4 月降水量开始增多且降水类型多为雪有关。大气长波和地面长波辐射变化趋势具有一致性,最大值都出现在 8 月,最小值出现在 1 月。净辐射最大值出现在 6 月,最小值出现在 12 月。1 月和 12 月净辐射的月均值为负,说明瓦颜山湿地近地面在这 2 个月以失去热量为主。5 cm 土壤热通量的月均值在 1—2 月和 11—12 月为负值,说明这 4 个月土壤以损失热量为主,在 3—10 月为正值,土壤主要吸收热量。

地表反照率影响着地表对辐射的吸收以及太阳辐射在地表和大气之间的分配,是大气和陆面模式

表 1 瓦颜山站辐射通量与土壤热通量的月平均状况

Tab. 1 Monthly mean values of radiation flux and soil heat flux at Wayanshan Weather Station /(W · m^{-2})

月份	反射辐射	大气长波辐射	地面长波辐射	净辐射	土壤热通量
1	38.2	149.4	244.6	-6	-10.8
2	53.4	156.7	261.9	21	-5
3	57.3	198.7	297.3	47.9	2
4	98.2	227	315.7	73.5	8.8
5	62.2	262	339.5	102.2	11.2
6	54.2	282	355.9	129.7	14.6
7	46.8	298	367	119.3	14.8
8	40.3	327	377.4	111.3	10.9
9	39.5	273	338.3	85.3	3.6
10	43.3	225	315.7	48.9	0.04
11	38.6	177	279.8	1	-11.2
12	34.6	164	258.9	-11	-11

表 2　瓦颜山地表反照率与青藏高原其他站点的对比

Tab. 2　Compared results of surface albedo between Wayanshan Weather Station and other weather stations on the Qinghai-Tibet Plateau

季节	地表反照率				
	瓦颜山	隆宝[14]	西大滩[18]	五道梁[18]	唐古拉[18]
春季	0.30	0.29	0.34	0.38	0.31
夏季	0.20	0.24	0.25	0.28	0.19
秋季	0.24	0.28	0.29	0.37	0.28
冬季	0.29	0.34	0.31	0.42	0.31
年均值	0.26	0.27	0.30	0.36	0.27

的重要参数，在地表能量平衡中起重要作用[17]。本研究利用公式(2)计算了2016年瓦颜山站地表反照率，并与青藏高原隆宝湿地、西大滩、五道梁和唐古拉4个站点进行了对比(表2)。从表2可以看出，瓦颜山站年平均地表反照率为0.26，与玉树隆宝湿地和唐古拉地区较为接近，低于西大滩和五道梁地区。从季节变化来看，5个站点春、秋、冬季由于地表冻结和积雪存在的影响，地表反照率高于夏季。瓦颜山夏季地表反照率与唐古拉站接近，低于隆宝湿地、西大滩和五道梁。

为了进一步分析高寒湿地不同季节地表反照率日变化的差异性，对比了瓦颜山湿地不同季节无降水积雪日地表反照率的日变化特征(图3)。从图3可以看出，受太阳高度角日变化的影响，不同季节瓦颜山湿地地表反照率均呈早晚较高、正午前后略低的“U”形变化趋势。12月8日和2月5日地表反照率明显高于5月24日和8月9日，这说明冻结期地表反照率明显高于消融期。在消融期，8月9日地表反照率明显低于5月24日。以往的研究结果

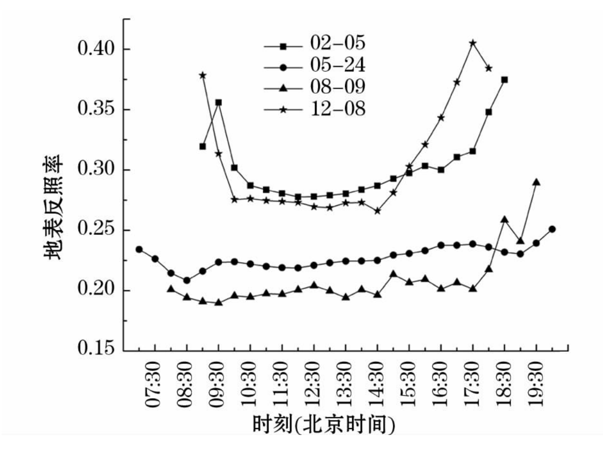


图3　瓦颜山典型晴天日地表反照率日变化

Fig. 3　Variations of daily albedo on typical clear days at Wanyanshan weather station

表明，土壤含水量和植被生长状况是影响地表反照率的重要因素，随着土壤含水量的增加，地表反照率减小[19]。瓦颜山湿地8月降水量大，土壤湿度高，且植被处于生长期，土壤含水量高植物生长状况是8月瓦颜山湿地地表反照率低于5月的主要原因。

2.2　比湿与降水

比湿是水汽与湿空气的质量比，较相对湿度，比湿能更直观地反映出空气中水汽的变化状况[20-21]。比湿计算公式如下[22]：

$$q = \frac{\varepsilon e}{P - 0.378e} \tag{3}$$

式中：q 为比湿($g \cdot kg^{-1}$)；P 为大气压(hPa)；e 是水汽压(hPa)，利用饱和水汽压和相对湿度计算得到；ε 为0.622。

图4给出了2个站点日平均比湿的季节变化特征。在观测期内，瓦颜山站年平均比湿为3.7 $g \cdot kg^{-1}$，小泊湖站年平均比湿为4.4 $g \cdot kg^{-1}$。从季节分布来看，两个站点日平均比湿冬季最小，之后开始增大并在夏季达到最大值，进入秋季之后比湿开始减小，2个站点日平均比湿的最大值都出现在8月，都在12 $g \cdot kg^{-1}$以上。其原因在于，夏季风带来大量降水，降雨集中在5—9月，空气中的水汽含量较大。另外，夏季2站地表含水量高，地面蒸发也造成了空气湿度的增加。除此之外，2站都位于青海湖附近，湖陆风把湖面水汽输送到陆地，这也是2个站点夏季比湿高的一个重要原因。

研究期瓦颜山观测站年降水量为587.5 mm，小泊湖为322.8 mm。从季节分布来看(图5)，2个站点降水量都集中在5—9月，这5个月降水量占到了全年降水量的90%以上。11月至来年3月降水稀少，这也是青海湖流域冬季很少存在稳定积雪的原因。

2.3　温度

图6给出了瓦颜山和小泊湖站日平均气温和5 cm地温变化状况。2016年瓦颜山观测站年平均气温为−2.6 ℃，日平均气温最高值为14.4 ℃，最低值为−23.8 ℃左右。气温在每年的1月底开始回升，到8月底气温上升到最大值，进入9月之后气温开始下降。5 cm地温与气温的季节变化有很好的一致性，最高值都出现在8月底，最低值在1月底。5 cm土壤11月10日开始冻结，来年4月4日开始消融，冻结期达约145 d。小泊湖站年平均气温

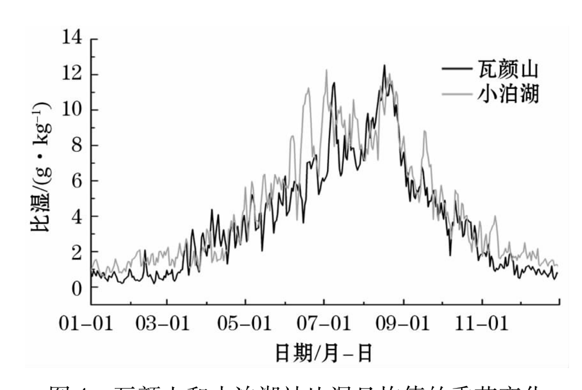


图 4　瓦颜山和小泊湖站比湿日均值的季节变化

Fig. 4　Seasonal variations of daily mean specific humidity at Wanyanshan and Xiaobohu weather stations

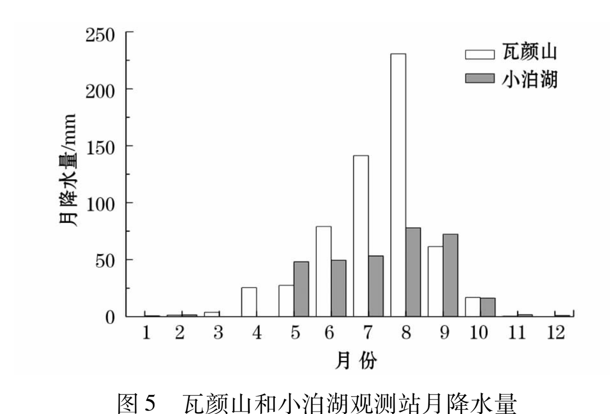


图 5　瓦颜山和小泊湖观测站月降水量

Fig. 5　Monthly precipitation at Wanyanshan and Xiaobohu weather stations

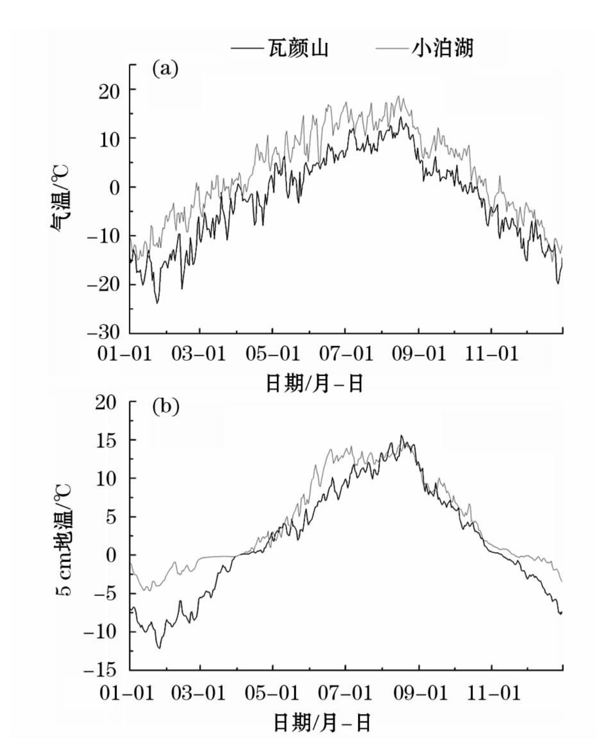


图 6　瓦颜山和小泊湖站日平均气温和 5 cm 地温变化状况

Fig. 6　Variations of daily mean air temperature and 5 cm deep soil temperature at Wanyanshan and Xiaobohu weather stations

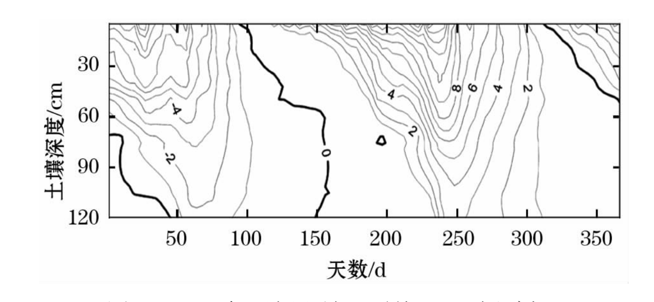


图 7　2016 年瓦颜山站日平均地温时空剖面

Fig. 7　Variation of daily mean soil temperature at Wanyanshan Weather Station in 2016

为 2.9 ℃,日平均气温最高值为 18.6 ℃,最低值为 -15.3 ℃左右。气温和地温的年变化趋势与瓦颜山站具有一致性,5 cm 土壤约在 11 月 21 日左右开始冻结,来年约在 4 月 3 日左右开始消融,冻结期约为 133 d。

在瓦颜山站,除了观测表层土壤温度,EM50 系统还记录了 10 cm、20 cm、40 cm、50 cm、60 cm、70 cm、110 cm 和 120 cm。图 7 给出了瓦颜山站不同深度地温的变化序列,可以看出,0 ~ 120 cm 深度处的冻融过程可分为 2 个阶段,即融化阶段和冻结阶段。融化阶段能量主要来源于太阳辐射,能量传输自上而下,地表最早在 4 月初开始消融,滞后融化锋面逐渐向下迁移,并在 5 月中旬左右 0 ~ 120 cm 土壤全部消融,消融完成之后土壤开始增温,地表温度最早在 8 月中旬增加到最大值,随着深度的增加,地温最大值出现的时间逐渐滞后,120 cm 深度处地温最大值出现的时间比 5 cm 深度处滞后了 15 d 左右。地温在达到最大值之后开始降温,地表降温幅度最大,并最早在 11 月初降到 0 ℃以下。之后开始进入到冻结阶段,地表最早冻结,120 cm 深度处开始冻结的时间比地表晚了 99 d。冻结完成之后开始降温,随着深度的增加,温度降到最低值出现的时间越晚。在温度降到最低值之后各层开始升温,表层升温最快,并最早达到 0 ℃以上,进入到下一个融化阶段。

2.4　风速风向变化

图 8 为瓦颜山和小泊湖站的风玫瑰图。瓦颜山站 2016 年平均风速为 2.4 $m \cdot s^{-1}$,约 80% 的风速在 4 $m \cdot s^{-1}$以下;小泊湖 2013 年平均风速为 1.9 $m \cdot s^{-1}$,全年 90% 以上的风速在 4 $m \cdot s^{-1}$以下。2 个站点的盛行风差异较大,瓦颜山站全年主要盛行西南风,其他方向的风发生的概率比较少;小泊湖站主要以西北风、西风和东风为主。通过对小泊湖站不同季节风速的日变化分析发现(图9),小泊湖站

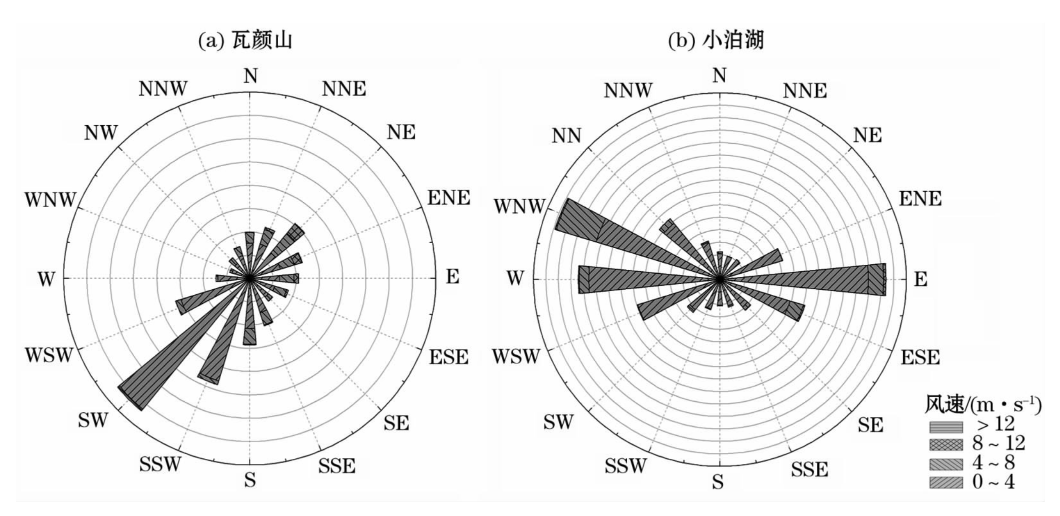


图 8 瓦颜山和小泊湖站风玫瑰图

Fig. 8 Wind-rose diagrams at Wanyanshan and Xiaobohu weather stations

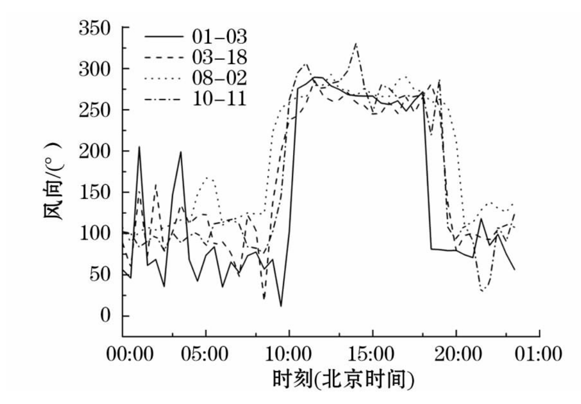


图 9 小泊湖站不同季节无降水日风向的日变化

Fig. 9 Daily variation of wind direction on precipitation-free days at Xiaobohu weather station in different seasons

在四季白天(北京时间 10:00—17:00)为东风,夜晚(北京时间 20:00 至次日 9:00)为偏西风。分析原因发现,瓦颜山站位于青海湖东北部,小泊湖站位于青海湖东岸,相对于湖泊,周围陆地在白天为热源,夜间为冷源,受湖陆风的影响,青海湖东岸盛行东风和西风,东北部盛行东北风和西南风,瓦颜山站受东北部高山阻挡,极大消弱了东北风,造成常年盛行风为西南风;小泊湖站位于青海湖东岸边,受地形因素影响微弱,常年以东风和偏西风为主。

3 小 结

利用瓦颜山和小泊湖观测站获取的气象数据,分析了青海湖流域湿地小气候特征,得到如下结论:

(1) 瓦颜山站总辐射全年累积量为 6 938.3 MJ・m^{-2},小泊湖站为 6 711.6 MJ・m^{-2},高于青藏高原隆宝、玛曲和唐古拉站,说明青海湖流域是太阳辐射较强的区域。反射辐射最大值出现在 4 月,除反射辐射外,其他辐射通量均表现为夏季高,冬季低的趋势。年平均地表反照率为 0.26,夏季平均地表反照率为 0.2,低于隆宝湿地、西大滩和五道梁。

(2) 瓦颜山站年平均比湿为 3.7 g・kg^{-1},小泊湖站为 4.4 g・kg^{-1},最大值出现在夏季,最小值出现在冬季。瓦颜山站年降水量为 587.5 mm,小泊湖为 322.8 mm,降水主要集中在 5—9 月,这 5 个月降水量占到了全年降水量的 90% 以上。

(3) 瓦颜山站年平均气温为 −2.6 ℃,日平均气温最高值为 14.4 ℃,最低值为 −23.8 ℃左右。小泊湖站年平均气温为 2.9 ℃,日平均气温最高值为 18.6 ℃,最低值为 −15.3 ℃左右。2 站气温和 5 cm 地温最高值出现在 8 月,最低值出现在 1 月。瓦颜山站地表约在 11 月 10 日开始冻结,来年 4 月 4 日左右开始消融;小泊湖站 11 月 21 日开始冻结,约在来年 4 月 3 日开始消融。

(4) 相对于周边陆地而言,青海湖全年白天为冷源,夜晚为热源。小泊湖常年受湖陆风影响,白天为西风和偏西风,夜晚为东风;瓦颜山站由于地形阻挡作用,常年以西南风为主。

参考文献(References):

〔1〕 姚济敏,赵林,谷良雷,等. 青藏高原唐古拉垭口地区小气候特征〔J〕. 冰川冻土,2009,31(4):650 − 658.〔Yao Jimin, Zhao Lin, Gu Lianglei, et al. The microclimatic characteristics in the Tanggula pass on the Tibetan Plateau〔J〕. Journal of Glaciology & Geocryology, 2009, 31(4):650 − 658.〕

〔2〕 张江北,李德旺,杨寅群. 三峡库区小气候变化对陆生植物影

响的初步研究〔J〕. 人民长江,2013,44(11):31 – 34.〔Zhang Jiangbei,Li Dewang,Yang Yinqun. Preliminary study on influence of microclimate change in Three Gorges Reservoir area on terrestrial plants〔J〕. Yangtze River,2013,44(11):31 – 34.〕

〔3〕 张一平,刘玉洪,马友鑫,等. 热带森林不同生长时期的小气候特征〔J〕. 南京林业大学学报,2002,26(1):83 – 87.〔Zhang Yiping, Liu Yuhong,Ma Youxin,et al. A preliminary study on microclimate in the process of the different growth phases of tropical forest〔J〕. Journal of Nanjing Forestry Unversity,2002,26(1):83 – 87.〕

〔4〕 庞营军,雷加强,曾凡江,等. 新疆维吾尔自治区策勒县绿洲 – 沙漠过渡带小气候特征〔J〕. 水土保持通报,2011,31(5): 240 – 245.〔Pang Yingjun,Lei Jiaqiang,Zeng Fanjiang,et al. Microclimatic characteristics of oasis-desert transitional zone in Qira County of Xinjiang Wei Autonoumous Region〔J〕. Bulletin of Soil & Water Conservation,2011,31(5): 240 – 245.〕

〔5〕 崔丽娟,康晓明,赵欣胜,等. 北京典型城市湿地小气候效应时空变化特征〔J〕. 生态学杂志,2015,34(1):212 – 218.〔Cui Lijuan,Kang Xiaoming,Zhao Xinsheng,et al. Spatiotemporal variation in the microclimate effects of typical urban wetland in Beijing〔J〕. Chinese Journal of Ecology,2015,34(1):212 – 218.〕

〔6〕 冯起,司建华,张艳武,等. 极端干旱地区绿洲小气候特征及其生态意义〔J〕. 地理学报,2006,61(1):99 – 108.〔Feng Qi,Si Jianhua,Zhang Yanwu,et al. Microclimatic characteristics of the Heihe oasis in the hyperarid zone of China〔J〕. Journal of Geographical Sciences,2006,61(1):99 – 108.〕

〔7〕 缑倩倩,屈建军,韩致文. 极端干旱区荒漠 – 湿地生态系统小气候特征与碳通量变化季节对比〔J〕. 干旱区地理,2014,37(6):1 119 – 1 127.〔Gou Qianqian,Qu Jianjun,Han Zhiwen. Contrastive analysis of microclimate and CO_2 flux in different season in Xihu desert wetland of extreme arid region〔J〕. Arid Land Geography,2014,37(6):1 119 – 1 127.〕

〔8〕 张金龙,陈英,葛劲松,等. 1977—2010 年青海湖环湖区土地利用/覆盖变化与土地资源管理〔J〕. 中国沙漠,2013,33(4): 1 256 – 1 266.〔Zhang Jinlong,Chen Ying,Ge Jinsong,et al. Land use/cover change and land resources management in the area around the Qinghai Lake of China in 1977 – 2010〔J〕. Journal of Desert Research,2013,33(4):1 256 – 1 266.〕

〔9〕 孙永亮,李小雁,汤佳,等. 青海湖流域气候变化及其水文效应〔J〕. 资源科学,2008,30(3):354 – 362.〔Sun Yongliang,Li Xiaoyan,Tang Jia,et al. Climate change and hydrological response in the watershed of Qinghai Lake〔J〕. Resources Science,2008,30(3):354 – 362.〕

〔10〕 高黎明,张乐乐,陈克龙,等. 青海湖流域高寒湿地光合有效辐射特征〔J〕. 干旱区研究,2018,35(1):50 – 56.〔Gao Liming, Zhang Lele,Chen Kelong,et al. Photosynthetically active radiation in alpine wetland in the Qinghai Lake watershed〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(1):50 – 56.〕

〔11〕 纪文真,陈先刚,姚平,等. 滇西北高原未干扰湖滨湿地小气候特征〔J〕. 中南林业科技大学学报,2014(11):90 – 97.〔Ji Wenzhen,Chen Xiangang,Yao Ping,et al. Microclimate characteristics of lakeside undisturbed wetlands in northwest plateau of Yunnan province〔J〕. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2014(11):90 – 97.〕

〔12〕 Ranzi R,Rosso R. Distributed estimation of incoming direct solar radiation over a drainage basin〔J〕. Journal of Hydrology,1995, 166(3):461 – 478.

〔13〕 周秉荣,李凤霞,颜亮东,等. 青海省太阳总辐射估算模型研究〔J〕. 中国农业气象,2011,32(4):495 – 499.〔Zhou Bingrong,Li Fengxia,Yan Liangdong,et al. Research on model of solar radiation estimation in Qinghai province〔J〕. Chinese Journal of Agrometeorology,2011,32(4):495 – 499.〕

〔14〕 张海宏,祁栋林,苏文将. 长江源区高寒湿地辐射变化特征〔J〕. 中国农学通报,2015,31(31):262 – 267.〔Zhang Haihong, Qi Donglin,Su Wenjiang. Radiation change features at alpine wet land in source region of the Yangtze river〔J〕. Chinese Agricultural Science Bulletin,2015,31(31):262 – 267.〕

〔15〕 王少影,张宇,吕世华,等. 玛曲高寒草甸地表辐射与能量收支的季节变化〔J〕. 高原气象,2012,31(3): 605 – 614.〔Wang Shaoying,Zhang Yu,Lv Shihua,et al. Seasonal variation characteristics of radiation and energy budgets in alpine meadow ecosystem in Maqu grassland〔J〕. Plateau Meteorology,2012,31(3):605 – 614.〕

〔16〕 保广裕,张静,周丹,等. 青海省太阳辐射强度时空变化特征分析〔J〕. 冰川冻土,2017,39(3):563 – 571.〔Bao Guangyu,Zhang Jing,Zhou Dan,et al. Analysis of the spatiotemporal characteristics of solar radiation intensity in Qinghai province〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2017,39(3):563 – 571.〕

〔17〕 张果,周广胜,阳伏林. 内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征〔J〕. 生态学报,2010,30(24):6 943 – 6 951.〔Zhang Guo,Zhou Guangsheng,Yang Fulin. Analysis on dynamic characteristics of surface albedo over a desert steppe in Inner Mongolia〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2010,30(24):6 943 – 6 951.〕

〔18〕 肖瑶,赵林,李韧,等. 藏北高原多年冻土区地表反照率特征分析〔J〕. 冰川冻土,2010,32(3):480 – 488.〔Xiao Yao,Zhao Lin, Li Ren,et al. The characteristics of surface albedo in permafrost regions of northern Tibetan Plateau〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2010,32(3):480 – 488.〕

〔19〕 张乐乐,赵林,李韧,等. 青藏高原唐古拉地区暖季土壤水分对地表反照率及其土壤热参数的影响〔J〕. 冰川冻土,2016,38(2):351 – 358.〔Zhang Lele,Zhao Lin,Li Ren,et al. Investigating the influence of soil moisture on albedo and soil thermodynamic parameters during the warm season in Tanggula Range,Tibetan Plateau〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2016,38(2): 351 – 358.〕

〔20〕 谷良雷,姚济敏,胡泽勇,等. 藏北高原典型季节冻土区和多年冻土区小气候特征对比研究〔J〕. 冰川冻土,2016,38(6): 1 482 – 1 490.〔Gu Lianglei,Yao Jimin,Hu Zeyong,et al. A comparison study of the microclimate characteristics between the typical seasonally frozen ground regions and permafrost regions in the Northern Tibet Plateau〔J〕. Journal of Glaciology & Geocryology,

2016,38(6):1 482 – 1 490.〕

〔21〕王玉玉,姚济敏,韩海东,等.天山南坡科其喀尔冰川表碛区小气候特征研究〔J〕.冰川冻土,2014,36(3):546 – 554.〔Wang Yuyu,Yao Jimin,Han Haidong,et al. Analysis of the microclimatic characteristics in the debris-covered area of the Koxkar Glacier on the southern slope of the Tianshan Mountains〔J〕. Journal of Glaciology & Geocryology,2014,36(3):546 – 554.〕

〔22〕盛裴轩,毛杰泰,李建国,等.大气物理学〔M〕.北京:北京大学出版社,2003.〔Pei Shengxuan,Mao Jietai,Li Jianguo,et al. The Atmosphere Physics〔M〕. Beijing:Peking University Press,2003.〕

Microclimate in an Alpine Wetland in the Qinghai Lake Basin

GAO Li-ming[1,2], ZHANG Le-le[1,2], CHEN Ke-long[2,3]

(1. *College of Geographical Science*, *Qinghai Normal University*, *Xining* 810008, *Qinghai*, *China*;
2. *Qinghai Province Key Laboratory of Physical Geography and Environmental Process*, *Xining* 810008, *Qinghai*, *China*;
3. *Qinghai Normal University*, *Xining* 810008, *Qinghai*, *China*)

Abstract: In this paper, the characteristics of microclimate in an alpine wetland were analyzed based on the meteorological data observed by Wanyanshan and Xiaobohu weather stations in the alpine wetland ecosystem in the Qinghai Lake Basin. The results showed that the solar radiation in the Qinghai Lake Basin was high. The maximum value of reflected radiation occurred in April, and the values of global radiation, atmospheric long wave radiation, surface long wave radiation, net radiation and soil heat flux were all high in summer but low in winter. The annual surface albedo in the Wayanshan wetland was 0.26, and the average surface albedo in summer was 0.2 and lower than that in the Longbao wetland and at Xidatan and Wudaoliang. The maximum values of specific humidity at Wayanshan and Xiaobohu weather stations occurred in summer, and the minimum ones in winter. Precipitation occurred mainly in the period from May to September, accounting for more than 90% of the annual precipitation. The maximum values of air temperature and 5 cm deep ground temperature at the two stations occurred in August, and the lowest ones in January. Influenced by the difference of thermal properties between the lake and land, the prevailing wind at Xiaobohu Weather Station was westerly wind in daytime and east wind at night all the year round. Affected by the topography, however, the prevailing wind at Wayanshan Weather Station was southwest wind all the year round.

Key words: alpine wetland; radiation flux; surface albedo; temperature; specific humidity; Qinghai Lake Basin